

Riechschwellenbestimmungen in Abhängigkeit von der Nahrungsaufnahme

von
Ursula Reitberger
aus
Regensburg

1969 № 379

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. G. Theissing

Riechschwellenbestimmungen in Abhängigkeit von der Nahrungsaufnahme

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



vorgelegt
von
Ursula Reitberger
aus
Regensburg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. H. Valentin
Referent: Privat-Dozent Dr.G.Kittel
Coreferent: Professor Dr.G.Theissing
Tag der mündlichen Prüfung: 26. 9. 1969

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsübersicht

	Seite
I. Einleitung und Zielsetzung der Arbeit	1
II. Literaturübersicht	
1. Literatur	3
2. Die ELSBERG-LEVY Methode	10
III. Das Olfaktometer nach STUIVER	
1. Das Gerät	12
2. Die Berechnung	20
IV. Der Versuchsablauf	
1. Schwellenbestimmungen	25
2. Das Olfaktorium nach KITTEL	27
3. Die Versuchspersonen	28
4. Die Meßmethode	29
V. Ergebnisse	32
VI. Auswertung	43
Zusammenfassung	45
Literaturverzeichnis	46
Lebenslauf	

Kapitel I

Einleitung und Zielsetzung der Arbeit

Betrachten wir die Aufgabe der Sinnesorgane des Menschen, müssen wir zunächst feststellen, daß alle Sinne der Information über die Umwelt und deren Bedingungen dienen. Geschmacks- und Geruchssinn haben in diesem Rahmen besondere Aufgaben, in erster Linie über die Beschaffenheit der Nahrung zu informieren.

Zwar ist es in der heutigen Welt nicht mehr so entscheidend wichtig, ein Nahrungsmittel mit der Nase zu „begutachten“, aber sieht man dieses Organ mehr entwicklungsge-
schichtlich, ist festzustellen, daß die Chemoreceptoren des Geschmacks- und Geruchssinnes die ersten und bedeutendsten Sinnesreceptoren waren (3).

Daß besonders das Geruchsvermögen auch heute noch Reste dieser ursprünglichen Aufgabe, Nahrung zu finden - und zwar bis zur Sättigung - nicht verloren hat, zeigt die in dieser Arbeit genauer untersuchte und bestätigte Vermutung eines schlechteren Geruchsvermögens nach der Sättigung.

Abgesehen hiervon gibt es noch weitere Bedingungen, die - ohne nun mit der Nahrungsaufnahme im Zusammenhang zu stehen - die Riechschwellenwerte verändern. Dabei spielen ebenso Umweltbedingungen wie auch Störungen oder Änderungen des Körpermilieus selbst eine Rolle.

Das Geruchsvermögen ändert sich beispielsweise mit der Luftfeuchtigkeit und der Außentemperatur (18). Bei verschiedenen psychologischen Zustandsänderungen im Körper reagiert die Riechschwelle ebenfalls mit. Bei Sympathicusreiz sinkt die Riechschwelle (3), und bei starken

Emotionen stellt sich ebenfalls eine stärkere Empfindlichkeit des Geruchsorganes ein. Interessant sind in diesem Zusammenhang die Versuche von AGEJEVA - MAJKOVA, die bei Fallschirmspringern vor dem Absprung eine starke Schwellenerniedrigung feststellte (1). Ein Verlust an Empfindlichkeit stellt sich ein in der Schwangerschaft (38, 41), in der Menstruation (41) und mit zunehmendem Alter (18, 38, 41, 31).

Aber auch bei vielen Krankheiten - die das Riechorgan nicht zentral oder peripher direkt betreffen - stellt sich als Nebenwirkung häufig eine Änderung des Geruchsvermögens ein. So entdeckte BALSLEV (2), daß bei Diabetikern häufig Hyposmien, die bis zur völligen Anosmie gehen können zu beobachten seien. Auch durch bestimmte Medikamente kann es zur Änderung der Riechschwelle kommen. GHIRLANDA (11) glaubt an eine Herabsetzung der Schwelle unter Cortisontherapie.

Aus den angeführten Gründen für die Veränderung der Schwelle läßt sich erkennen, wie komplex die Vorgänge sind. Die hier gestellte Aufgabe ist es nun, einen dieser Faktoren, die zu einer Schwellenänderung führen können, genauer zu untersuchen: nämlich die Abhängigkeit der Schwellenänderungen des Geruchsorganes von der Nahrungsaufnahme. Zu klären ist hier die Größe des Faktors, der bei der Nahrungsaufnahme die Riechschwelle beeinflusst.

Kapitel II

Literaturübersicht

1. Literatur

Allen in diesem Kapitel behandelten Arbeiten ist eines gemeinsam: die Methode der olfaktometrischen Bestimmungen. Alle Autoren geben an, ihre Untersuchungen mit der Methode nach ELSBERG und LEVY (8) durchgeführt zu haben. Aus diesem Grunde darf unten die Methode kurz beschrieben werden, um deren Mängel und die Notwendigkeit aufzuzeigen, mit einem genau arbeitenden Gerät die Ergebnisse zu überprüfen.

In den letzten 20 Jahren erschien eine größere Zahl von Arbeiten, die sich allerdings zum Teil widersprechen.

Der folgende Abriss soll diese Gegensätze aufzeigen indem er objektiv die früheren Ergebnisse darstellt.

1947 berichtet GOETZL unter dem Titel: "Diurnal variations in acuity of olfaction and food intake" (12). Durch genaue Riechschwellenbestimmungen, die sich über einen ganzen Tag erstreckten, glaubte er direkte Aussagen über die Intensität von Hungergefühlen und Sättigungsgrad beim Menschen machen zu können. Allerdings schränkte er ein, daß die Untersuchungen unvollständig seien. Dennoch erscheinen die Ergebnisse seiner Beobachtungen nicht ohne Bedeutung. Er verwendete als Riechsubstanz in der Elsbergflasche Kaffee. Das Ergebnis der Untersuchung wird in Diagramm 1 dargestellt.

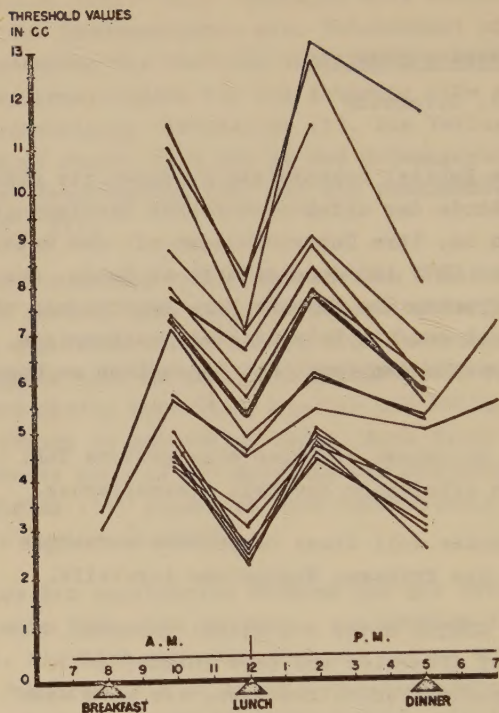


Diagramm 1: Riechschwellenbestimmungen während eines ganzen Tages (nach GOETZL (12)).

In der Ordinate werden die Schwellenwerte in ccm (Definition dieser Schwellenwerte siehe Absatz 3), in der Abszisse die Zeit in Stunden angegeben. Dabei stellen die dünner gezeichneten Kurven die Werte für Einzelversuchspersonen dar, die stärkeren für Personen-
gruppen.

Vom Frühstück an steigt die Riechschwelle steil bis

bis zu einem Gipfelpunkt an, sinkt dann bis zum Mittagessen wieder ab, um hernach wieder 2 Stunden anzusteigen. Bis zum Abendessen sinkt sie dann wieder ab. Beide Gipfelpunkte der Kurven erreichen etwa dieselbe Höhe.

An diese allgemein gehaltenen Untersuchungen schlossen sich noch genauere Versuche an. Bei Versuch 2 wurde beispielsweise das Mittagessen bis 16 Uhr hinausgeschoben, bei Versuch 3 dagegen stündlich Nahrung aufgenommen. In Versuch 4 nahmen die Versuchspersonen anstatt eines normalen Mittagessens nur Milch zu sich und in Versuch 5 anstatt des Mittagessens 10 Gramm Amphetaminsulfat.

In Versuch 2 hing der Riechschwellenanstieg nachmittags eindeutig von der Nahrungsaufnahme ab. Wurde nämlich das Essen bis auf 16 Uhr hinausgeschoben, blieb der Schwellenanstieg auch bis nach der Nahrungsaufnahme aus.

Versuch 3 ergab, daß auch das Absinken der Schwelle zwischen den Mahlzeiten durch eingeschobene kleine Imbisse verhindert werden kann. Allerdings wurde hier häufig ein größerer Anstieg der Schwellenwerte nach dem umfangreicheren Mittagessen festgestellt.

Bei Aufnahme von Milch in einer Menge, die kalorienmäßig einem normalen Mittagessen gleich kam, stieg in Versuch 4 die Riechschwelle überhaupt nicht an, während bei Einnahme von 10 Milligramm Amphetaminsulfat ein entscheidender Schwellenanstieg beobachtet werden konnte.

Schon 1948 erschien von GOETZL und STONE eine weitere Arbeit unter dem Thema: "The influence of amphetamine sulfate upon olfactory acuity and appetite" (13), in welcher der in der ersten Arbeit festgestellte entscheidende Einfluß von Amphetaminsulfat auf die Riechschwelle genauer untersucht werden sollte.

Amphetaminsulfat ist eine appetithemmende Substanz, die von vielen Forschern genau untersucht wurde. So schreiben mehrere die Fähigkeit, den Appetit zu hemmen dem Umstand zu, daß dieser Stoff den gastrischen Tonus hemme (5, 24, 29, 30, 32, 34, 35, 26), andere nehmen an, daß dies lediglich die Folge einer Hebung der allgemeinen Stimmung und Erzeugung von "Wohlbehagen" sei (4, 7, 25, 28, 33, 37).

Wieder wurde die Elsbergmethode und Kaffee als Geruchsstoff verwendet. In Diagramm 2 werden die Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt. Die Ordinate gibt die Schwellendifferenz, die Abszisse die Zeit an.

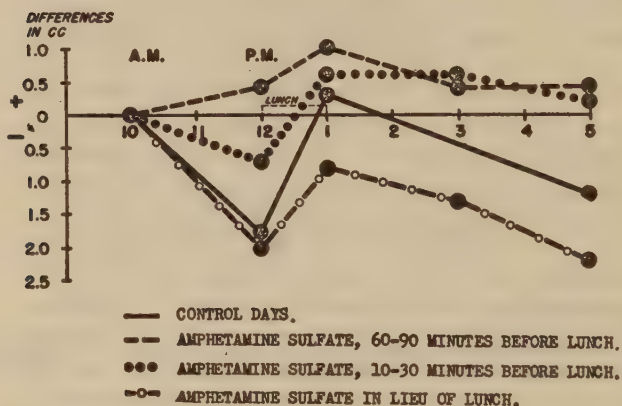


Diagramm 2: Riechschwellen in Abhängigkeit von Amphetaminsulfat (nach GOETZL und STONE (13)).

Die angegebenen Werte sind Schwellenwerte. Als zeitlicher Bezugspunkt wurde 10 Uhr verwendet, um 12 Uhr wurde das Mittagessen alleine oder kombiniert mit Amphetaminsulfat oder Amphetaminsulfat alleine eingenommen.

Das Absinken der Geruchschwelle nach Einnahme des Medikamentes in einer Zeit von 10 bis 30 Minuten vor dem Essen war geringer als ohne Einnahme des Medikamentes. Wurde die Substanz 60 bis 90 Minuten vor dem Essen verabreicht, blieb der gewöhnliche Abfall zwischen Frühstück und Mittagessen völlig aus. Die Riechschwelle nach alleiniger Einnahme von Amphetaminsulfat ohne Mittagessen war stark angehoben. Allerdings geringer als bei der Aufnahme normaler Nahrung. In diesem Falle wurde ein stärkeres allmähliches Absinken im Verlaufe des Nachmittags beobachtet, als bei Einnahme eines normalen Mittagessens.

Bei Einnahme von Amphetaminsulfat zusätzlich zum normalen Mittagessen sank die Schwelle selbst nach 5 Stunden nur unbedeutend ab.

Somit wurden die appetithemmenden Eigenschaften von Amphetaminsulfat, gemessen am Verhalten der Geruchschwelle, bestätigt.

1950 erschien unter dem Titel "Occurence in normal individuals of diurnal variations in olfactory acuity" (14) eine weitere Arbeit von GOETZL et al. Darin werden die täglichen Schwankungen der Geruchsschwelle bei einer Reihe von Versuchspersonen gemessen, ohne daß dabei Rücksicht auf Art und Menge der aufgenommenen Nahrung genommen wurde. Das Ergebnis deckt sich im großen und ganzen mit seinen früheren Befunden. Wieder scheinen die Schwellenänderungen in direktem Zusammenhang zur Nahrungsaufnahme zu stehen. Jeder Schwellenanstieg blieb aus, wenn keine Nahrung aufgenommen wurde.

1951 untersuchte GOETZL unter dem Titel: "Influence of sucrose in various concentrations upon olfactory acuity and sensations associated with food intake" (15), den Einfluß von Zucker in verschiedenen Konzentrationen auf die Riechschwelle.

Die Untersuchungen ergaben wiederum das bekannte Absinken der Schwellenwerte vor dem Mittagessen und den Anstieg nach einer normalen Mahlzeit. Denselben Anstieg erreichte er, wenn er stattdessen eine 20 % ige Zuckerlösung gab. War die Lösung schwächer konzentriert, glich das Ergebnis den Werten bei Weglassen der Nahrung. Die Zusammenhänge zeigt Diagramm 3. Die Ordinate gibt die Schwellenwerte, die Abszisse die Zeit an.

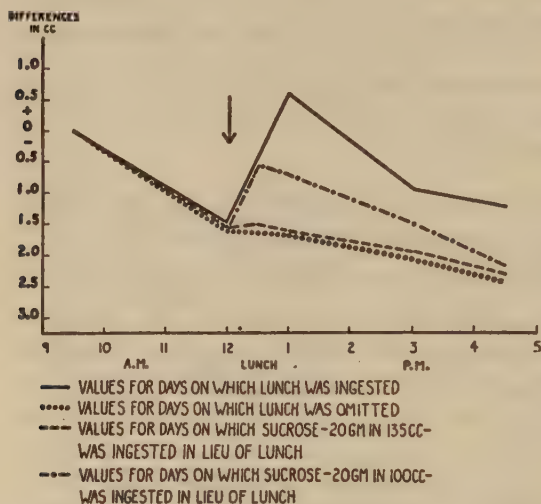


Diagramm 3: Riechschwellen in Abhängigkeit von der Zuckeraufnahme (nach GOETZL (15)).

Ähnliche Untersuchungen über die Fähigkeit bestimmter Substanzen, die Riechschwelle bei Einnahme zu verändern, wurden mit Äthylalkohol (19, 27), Gerbsäure, Weinsäure und Essigsäure (20), vorgenommen. 1952 stellte HAMMER (17) fest, daß Geruchs- und Geschmacksschwellen beständigen Schwankungen, die in Zusammenhang zur Nahrungsaufnahme stehen, unterworfen sind. Er fügt jedoch hinzu, daß die-

se Schwankungen von einem größerem Komplex physiologischer Faktoren verursacht werden und gibt neben Müdigkeit und allgemeiner Körperverschlechterung auch die Nahrungsaufnahme an.

JANOWITZ und GROBMANN (21) jedoch kamen zu anderen Ergebnissen. Sie stellten nur geringe Schwankungen der Riechschwelle fest und konnten keinen Zusammenhang zwischen ihnen und der Nahrungsaufnahme, beziehungsweise Sättigung und Hunger, finden.

WENDT, der diese Probleme lediglich theoretisch untersucht hat (39), sagte über die Arbeiten GOETZL'S und seiner Mitarbeiter: den Arbeiten fehlten die wichtigsten Kontrollen. Die aus den experimentellen Ergebnissen geschlossenen Folgerungen dürften nicht anerkannt werden, solange diese Versuche nicht unter denselben Bedingungen wiederholt werden. BUCH (6) weist auf den Mangel an statistischer Sicherung des Materials hin.

ZILSTORFF - PEDERSEN (40) unternahm 1955 sehr umfangreiche und exakte Versuche, dieses Problem weiter zu klären. Er stellte ebenfalls Tagesschwankungen fest, konnte aber keinen Zusammenhang zwischen Nahrungsaufnahme und diesen Schwankungen beobachten. Er führt sie in erster Linie auf die rein mechanischen Veränderungen der Luftpassage in der Nase zurück.

Ein Jahr später griff GUILD das Thema wieder auf (16). Er führte zu verschiedenen Tageszeiten Untersuchungen der Geruchsschärfe allerdings nur bei fünf gesunden und fünf adipösen Versuchspersonen durch. Die Geruchsempfindlichkeit war vor dem Essen gesteigert und sank nach der Sättigung deutlich ab. Ein Anhaltspunkt, daß die adipösen Versuchspersonen eine größere Geruchsschärfe besitzen als normale, konnte nicht gefunden werden; eher das Gegenteil. Er verwendete bei einigen Versuchen auch Amphetaminsulfat, das er 75 Minuten vor den Mahlzeiten

verabreichte. Daraufhin waren keine Unterschiede mehr in der Geruchsschärfe vor und nach der Mahlzeit festzustellen. Dieses Ergebnis erhielt er bei gesunden und adipösen Versuchspersonen in gleichem Maße.

2. Die ELSBERG - LEVY - Methode

Wie schon betont, arbeiteten alle hier zitierten Autoren mit der ELSBERG-LEVY-Methode (8). Aus diesem Grunde erscheint es notwendig, diese Methode im Prinzip noch einmal kurz zu erwähnen.

In einer abgeschlossenen 500 ccm - Flasche befindet sich eine kleinere Menge des gewünschten Riechstoffes, bis die darüber befindliche Luft gesättigt ist. Von der Versuchsperson führt eine Röhre, ausgehend von einem Nasenansatzstück, am Flaschenhals durch einen Gummistopfen abgedichtet, bis in das Innere der Flasche kurz über die Flüssigkeit. Die Röhre ist mit einem eingeschliffenen Hahn abzuschließen.

Eine andere Röhre führt von einer Spritze ebenfalls durch den Gummistopfen ins Innere der Flasche. Auch in dieser Röhre befindet sich ein dichter Hahn.

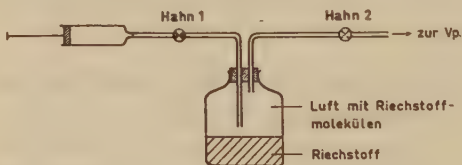


Abb. 1: ELSBERG - Flasche (nach ENDRESS (9)).

Mit der Spritze kann man nun eine abgemessene Menge Luft in die Flasche pumpen. Darauf schließt man Hahn 1. Das Riechstoff - Luftgemisch steht nun in der Flasche, bei

geschlossenem Hahn 2 unter erhöhtem Druck. Bei plötzlicher Öffnung des Hahnes 2 wird durch das Nasenstück der Versuchsperson der Überdruck abgelassen.

Als Maßeinheit für die Schwelle dient die Anzahl von hineingepumpten ccm Luft, die nötig ist, eine Empfindung auszulösen.

Schon aus der Beschreibung des Gerätes wird die Ungenauigkeit klar. Ein entscheidender Mangel ist, daß die Injektionsgeschwindigkeit von einem maximalen Wert nach Öffnen des Hahnes auf 0 abfällt. Dabei hat auch noch die Zeit, in der man den Hahn öffnet, entscheidenden Einfluß auf diesen Wert.

Das bei der Injektion verwendete Nasenstück muß nach Elsberg immer genau in einem Winkel von 45 Grad in die Nase eingeführt werden. Dies scheint praktisch kaum ausführbar. Eine kleine Änderung dieses Winkels aber führt zu einer Änderung des zu bestimmenden Wertes.

Weiterhin kann die Riechmolekülanzahl, die in das Nasenloch eingebracht wird, nur durch Änderung der Flußgeschwindigkeit variiert werden.

Anzuführen wäre noch die Verfälschung des Ergebnisses durch den relativ großen Totraum, der besonders bei kleinen Flußgeschwindigkeiten ins Gewicht fällt. All diese Mängel führten dazu, daß JONES (22) mit diesem Gerät keine Schwellenänderung zeigen konnte, wenn er dieselbe Flußgeschwindigkeit bei verschiedener Geruchsstoffkonzentration verwendete.

Aus den genannten Gründen erschien es notwendig, diese Untersuchungen mit einer exakt arbeitenden olfaktorischen Methode zu wiederholen. Dazu erscheint ein Gerät, das auf das Prinzip von STUIVER zurückgeht, am besten geeignet. Es wird im nächsten Kapitel genauer beschrieben.

Kapitel III

Das Olfaktometer nach STUIVER

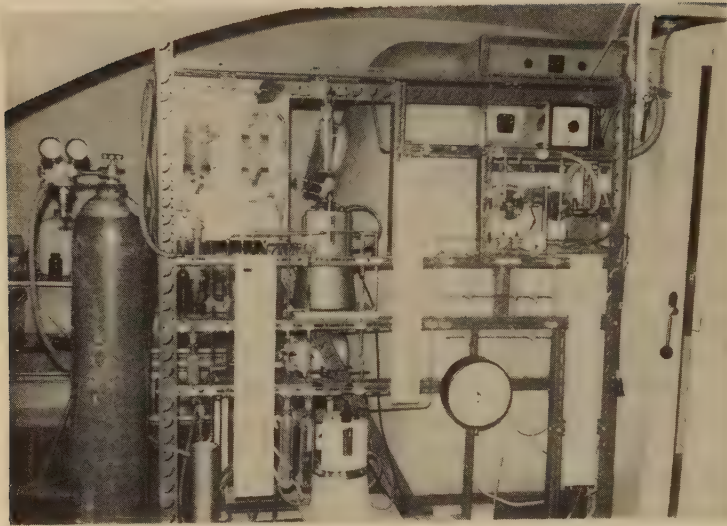


Abb. 2: Olfaktometer

1. Das Gerät

Dieses Gerät hat gegenüber den üblichen Methoden den Vorteil, relativ schnell Riechschwellen bestimmen zu lassen, ohne daß ein allzu großer Aufwand notwendig ist.

Der größte Vorteil beruht aber darauf, daß die Schwellenwerte direkt in der Dismension "Riechmoleküle pro ml eingeatmeter Luft" angegeben werden können. Dies erscheint vor allem insofern von Bedeutung, als allgemein angenommen wird, der adäquate Reiz für das Geruchsorgan

stehe in irgendeiner Beziehung zur Anzahl der eingeatmeten Riechmoleküle. So gibt ENDRESS (9) beispielsweise an, daß in diesem Falle aller Wahrscheinlichkeit nach sogar direkte Proportionalität anzunehmen ist.

Das Olfaktometer (36) beruht auf dem Prinzip der Dampfsättigung. Es bietet die Möglichkeit, die Konzentration des Riechstoffes in der eingeatmeten Luft, das Injektionsvolumen, den Injektionsdruck und die Injektionszeit exakt und unabhängig voneinander zu regulieren.

Der Apparat besteht im Wesentlichen aus drei Linien:

Linie 1 führt einen Luftstrom, Linie 2 Stickstoff; von dieser zweigt die 3. Linie ab. Der darin befindliche Stickstoff wird langsam durch ein Gefäß geleitet, in welchem sich der Riechstoff befindet. Dadurch soll erreicht werden, daß der Stickstoff mit dem Riechstoff gesättigt wird. Kurz nach dem Riechgefäß mündet dann diese dritte Linie wieder in Linie 2 ein. Damit wird eine Verdünnung des mit Riechmolekülen gesättigten Stickstoffes aus Linie 3 mit dem reinen Stickstoff aus Linie 2 erreicht. Dieses nun entstandene Gasgemisch wird schließlich noch mit reiner Luft aus Linie 1 weiterverdünnt, da Linie 2 in Linie 1 einmündet. Der auf diese Weise stark verdünnte Riechstoff wird nun der Versuchsperson angeboten.

Sämtliche Gasströme innerhalb des gesamten Röhrensystems sind meßbar, und zwar durch in jede Linie eingeschaltete Kapillaren, deren Kapillarkonstante durch Eichung bekannt ist. Vor und hinter jeder dieser Kapillaren befindet sich ein offenes Wasser- oder Quecksilbermanometer zur Bestimmung der Druckdifferenz. Mit diesen Größen läßt sich die Durchflußgeschwindigkeit bestimmen.

Durch mehrere Hähne besteht die Möglichkeit, diese

Flußgeschwindigkeit beliebig zu variieren.

Der gesamte Apparat ist, soweit wie möglich, aus Glasröhren hergestellt. Glas ist geruchlos und hat ein relativ geringes Adsorptionsvermögen. Verbindungsstücke bestehen aus ebenfalls geruchlosen PVC - Schläuchen. An den wichtigen Stellen wurden diese Schläuche gegen ebenfalls geruchlose Teflonschläuche ausgewechselt, weil von ihnen keine Ionen abgelöst werden. Sie könnten ebenfalls die Receptoren der regio olfactoria reizen. Zusätzlich wurde natürlich versucht, das gesamte Röhrensystem so kurz wie möglich zu halten, um eine übergroße Innenfläche und damit eine immerhin mögliche geringe Adsorption zu vermeiden. Um schließlich ein Gleichgewicht zwischen der möglicherweise auftretenden Adsorption an der Glasinnenwand zu erreichen, wurde das Gerät vor Beginn eines jeden Versuches etwa drei Stunden bereits in Betrieb gehalten.

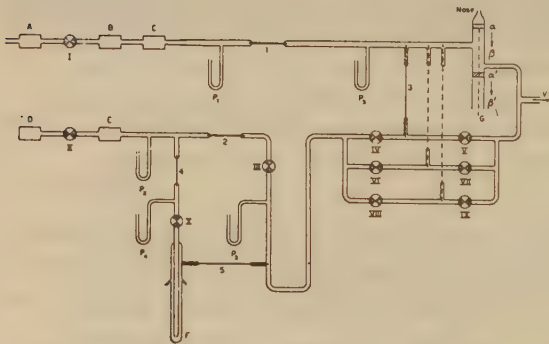


Abb. 3: Diagramm des STUIVER'SCHEN Olfaktometers (36)

Der Luftstrom in Linie 1 (siehe auch Abb.3) wird von einem Kompressor hergestellt. Dieser ist ein sogenannter Trockenläufer. Das bedeutet, daß der Rotationskompressor ohne Schmierung arbeitet. Trotzdem wurde das Gerät vor Beginn der Versuche genau gesäubert, um jede Geruchsbeimischung zu der Luft aus dem Motor zu vermeiden. Das intensiv riechende Filterpapier, das ursprünglich dem Ansaugstutzen der Pumpe vorgeschaltet war, wurde durch geruchloses Material ersetzt.

Ein großes Problem ist zweifellos die gründliche Reinigung der angesaugten Luft, die bei Bestimmung der Schwellenwerte als "Null-Luft" dient (Linie 3). Aktivkohle kann zu diesem Zwecke nicht verwendet werden, da sie selbst nicht völlig geruchlos ist (10), ebenso Silicagel (36).

STUIVER (36) machte die Erfahrung, daß überhaupt alle chemischen Substanzen immer mehr oder weniger neue Verunreinigungen mit sich bringen. Das beste Verfahren wäre zweifellos die Reinigung mit flüssiger Luft, denn diese bringt mit Sicherheit keine Verunreinigung der durchfließenden Luft mit sich und beseitigt durch Kondensation den größten Teil der vorhandenen Verunreinigungen. Dieses Verfahren wäre jedoch bei den sehr hohen Durchflußmengen zu teuer. Bei kleineren Durchflußmengen, wie dies in Linie 2 und 3 der Fall ist, wurde diese Art der Reinigung verwendet.

In unserem Falle schien es ausreichend, ständig für reine, geruchlose Atemluft im Arbeitsraum, in dem der Ansaugstutzen des Kompressors mündete, zu sorgen.

Zum Abfangen der Schwebeteilchen war in die "Luftlinie" eine große Waschflasche eingeschaltet. Daran schloß sich eine 2., etwas kleinere an. Dieser kommt die Aufgabe zu, die Luft, die in die Flasche einge-

bracht wurde, zunächst bei Zimmertemperatur zu sättigen. Danach fließt diese Luft durch einen Kühler, in welchem sie auf 0 Grad Celsius abgekühlt wurde, um gleich darauf durch ein Wasserbad auf 17 Grad wieder erwärmt zu werden. Die Temperatur in letzterem wird durch einen Thermostaten konstant gehalten. Dieses gesamte hier geschilderte System hat die Aufgabe, der Luft konstante Temperatur und damit konstante Feuchtigkeit zu geben. Diese beiden Faktoren (Temperatur 17 Grad und Feuchtigkeit von 32%) haben nach HENNEBERT (18) einen entscheidenden Einfluß auf die Riechschwelle.

Da sich nach längerer Betriebsdauer des Apparates stets Kondenswasser in der Luftlinie bildet, das sich in den Kapillaren festsetzte und dadurch zu Fehlbestimmungen geführt hätte, wurde zum Abfangen dieser Flüssigkeit eine weitere Flasche eingebaut, die bei Bedarf entleert werden konnte.

Geregelt wird der Luftstrom - genauer gesagt die Flußgeschwindigkeit - durch Hahn I und Kapillare 1. Die Druckdifferenz, die zur Berechnung noch benötigt wird ($P_5 - P_1$) kann an den vor und hinter jeder Kapillare angebrachten Manometern abgelesen werden.

Die für größere Drucke benutzten Manometer sind mit Quecksilber, die für kleinere Drucke mit Wasser gefüllt. Letztere bieten den Vorteil größerer Empfindlichkeit. Allerdings dürfen sie auch nur an Stellen angebracht werden, wo keine Riechmoleküle passieren müssen, da sich sonst Riechstoff in diesem Wasser lösen könnte.

Deshalb wurden für die Hähne, die von Riechmolekülen passiert werden, auch keine Schmiermittel verwendet, sondern genauestens eingeschliffene Glas-auf-Glas-Hähne.

Der Stickstoff in Linie 2 wird aus einer Stahlflasche mit doppelt gereinigtem Stickstoff bezogen. Verwendet

wird eine Flußgeschwindigkeit von maximal 10 ml pro sec. Dieser Stickstoffstrom wird durch Aktivkohle und Silicagel geleitet und anschließend, wie schon oben erwähnt, durch Kondensation in einem Kühlgefäß mit flüssiger Luft gereinigt. Durch Hahn II wird die Flußgeschwindigkeit in dieser Linie geregelt.

Nach dem Reinigungssystem zweigt von der Linie 2 die Linie 3 ab. In ihr fließt allerdings nur etwa 1 ml pro sec. Dieser Stickstoff wird nun in das Riechgefäß geleitet und perlt langsam durch die Riechsubstanz. Auf diese Weise wird er mit Riechstoffmolekülen gesättigt. Die Konzentration bei Sättigung hängt alleine vom Dampfdruck der Riechsubstanz, dieser wiederum von der Temperatur dieses Stoffes ab. Um nun die jeweils gewünschte Temperatur konstant zu halten, wurde das Riechgefäß in ein Wasserbad eingebaut, dessen Temperatur mit Hilfe eines Thermostaten konstant gehalten wurde.

Die Menge des in das Riechgefäß eintretenden Stickstoffes wird durch Kapillare 4 und der Druckdifferenz $p_4 - p_2$ kontrolliert. Diese Differenz ist wiederum abhängig von der Stellung der Hähne III und X. Man kann zum Beispiel Hahn III schließen und den gesamten Stickstoffstrom durch das Riechstoffgefäß strömen lassen. Um aber, wie schon erwähnt, eine vollständige Sättigung des Stickstoffes mit Riechstoffmolekülen zu erreichen, wird die Durchflußmenge sehr gering gehalten.

Die Kapillare 5 im Anschluß an das Riechgefäß vor der Mündung in Linie 2 ist sehr weit und dient nur dazu, den Stickstoff - Riechstoff - Strom in die Mitte des Stromes in Linie 2 einzubringen. Die Flußgeschwindigkeit der Linie 2 und die Druckdifferenz $p_3 - p_2$ zu bestimmen.

Bei der Mündung der Linie 3 in die Linie 2 wird der

mit Riechmolekülen gesättigte Stickstoffstrom in die Linie 3 durch den reinen Stickstoff aus Linie 2 kontrolliert verdünnt.

Zwischen der nun gemischten Linie 2 und der Luftlinie sind drei Kapillaren mit verschiedener Kapillarkonstante - das heißt mit verschiedener Weite - montiert, die wir mit 3a, 3b und 3c bezeichnen wollen. Durch ein besonderes Röhrensystem (siehe Skizze) kann jede dieser Kapillaren einzeln oder auch gemeinsam benutzt werden. Reguliert wird dies durch die Hähne IV, VI und VIII.

Die Flußgeschwindigkeit des riechenden Stickstoffs, der durch eine der dreier - Kapillaren strömt, wird durch die Hähne V, VII oder IX kontrolliert.

Normalerweise wird der Hauptteil des Riechgemisches durch ein Ventilationssystem entfernt, nur ein kleiner Teil stößt zur Luftlinie.

Die Flußgeschwindigkeit der Kapillaren 3 ist bestimmbar aus der Kapillarkonstante und der Druckdifferenz $p_7 - p_6$, die der Hauptlinie ist bekannt. Damit kann die Konzentration des Geruchsstoffes am Ende der Hauptlinie aus der Konzentration in Linie 2 berechnet werden. Verändert man die Stellung des Hahnes V, ändert sich auch die Flußgeschwindigkeit in Kapillare 3 und damit die in den Kapillaren 2 und 4; allerdings bleibt die Konzentration der Riechsubstanz in Linie 2 unverändert, solange das Verhältnis der Flußgeschwindigkeiten durch die Kapillaren 2 und 4 nur von der Größe dieser Kapillaren abhängt.

Zu Beginn der Schwellenmessung stellt man zunächst die ungefähre Schwelle der Versuchsperson fest. Zu diesem Zwecke stehen drei verschiedene Kapillaren am Übergang der Stickstofflinie in die Luftlinie zur Verfügung.

Hat man den ungefähren Bereich, das heißt die passende Kapillare gefunden, wird die Konzentration nur noch durch die Hähne X und V beziehungsweise VII oder IX verändert.

Von der Hauptlinie gelangt die Luft mit der gewünschten Konzentration schließlich über ein Ventil mit angeschlossenem Injektionsapparat zur Versuchsperson.

Solange dieses Gemisch nicht zu ihr gelangen soll, verläßt der Riechstrom - am Injektionsapparat vorbei - das Gerät über das Ventilationssystem.

Das Ventil besteht - wie man auch aus Abb.3 ersieht - aus einem feststehenden Zylinder, in welchem 2 Kolben laufen. Diese schließen an der Zylinderwand ab und sind beide an einer beweglichen Achse in einem bestimmten Abstand angebracht.

Wenn die Kolben in Position A stehen, fließt die Riechlufte durch die Einlaßöffnung in den Zylinder und sofort wieder durch die Öffnung in das Ventilationssystem ab.

Ein Relais kann die Kolben in Position B verschieben. Dieses Relais ist mit einer Stoppuhr gekoppelt, mit der beliebige Injektionszeiten zwischen 0,02 und 10 sec gewählt werden können. Bei Schließung des Ventils (Position B) fließt der Riechstrom der Versuchsperson zu.

Da der Luftstrom im Inneren der Nase der Versuchsperson auf einen gewissen Widerstand trifft, muß man darauf achten, daß das Ventilationssystem in seinem Widerstand angepaßt ist. Andernfalls würde sich bei Injektion der Druck p_7 ändern. Dies wiederum hätte eine Änderung der Riechstoffkonzentration zu Folge. Zur Kontrolle des Widerstandes im Ventilationssystem ist ein Hahn eingebaut. Die richtige Einstellung liegt dann vor, wenn sich der

Druck p_7 während der Injektion nicht ändert.

Für verschiedene Versuchspersonen war meistens eine Veränderung der Stellung dieses Hahnes erforderlich, aber auch bei derselben Versuchsperson wurden Schwankungen des auf diese Weise gemessenen Nasenwiderstands beobachtet.

Die Eichung der Kapillaren wird folgendermaßen vorgenommen: an das eine Ende der Kapillaren werden Drucke verschiedener kontrollierbarer Größe angelegt und die durchströmende Luftmenge - bei Atmosphärendruck - unter Wasser aufgefangen. Aus den hierbei entstandenen Eichkurven konnten die Konstanten der Kapillaren berechnet werden. Werte direkt aus den Eichkurven zu entnehmen ist nicht möglich, da im Versuch auch der Druck am Ende der Kapillare berücksichtigt werden muß. Dieser ist aber in den seltenen Fällen gleich dem Atmosphärendruck.

2. Die Berechnung

1. I_4 = Durchflußmenge durch Kapillare 4 (Skizze)
(Menge an N_2 , die in das Riechgefäß gelangt)
 $I_4 = (p_2 - p_4) \cdot k_4 \quad \text{ml/sec}$
dabei ist k_4 die Kapillarkonstante der Kap. 4

Die Kapillarkonstante k errechnet sich aus:

$$\frac{\kappa^4 \cdot \pi}{l \cdot \eta \cdot 8}$$

κ = Radius der Kapillare

l = Länge der Kapillare

η = Viskosität

Diese Konstante k wurde hier aus Genauigkeitsgründen experimentell bestimmt.

2. Anzahl der Riechmoleküle pro ml nach der Dampfsättigung im Riechstoffgefäß.

Da sich Gase im Verhältnis ihrer Partialdrucke miteinander mischen gilt:

$$\frac{A_R}{A_N} = \frac{p_R}{p_N}; \text{ also } A_R = \frac{A_N \cdot p_R}{p_N}; \quad (1)$$

In dieser Gleichung bedeuten:

A_R = Anzahl der Riechmoleküle

A_N = Anzahl der N_2 - Moleküle

p_R = Partialdruck der Riechsubstanz

p_N = Partialdruck von N_2

Die Anzahl der N_2 - Moleküle ergibt sich aber aus der Anzahl der Mole Stickstoff multipliziert mit der Loschmidtschen Zahl ($= 6,02 \cdot 10^{23}$)

$$A_N = n_N \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \quad (2)$$

Nach der allgemeinen Zustandsgleichung der Gase gilt aber:

$$p_N \cdot V_N = n_N \cdot R \cdot T; \text{ oder: } n_N = \frac{p_N \cdot V_N}{R \cdot T}; \quad (3)$$

Dabei gibt T die Temperatur in Grad Kelvin und R die ideale Gaskonstante an, n_N ist die Anzahl der Stickstoffmole.

Setzt man Gleichung (3) in Gleichung (2) ein, ergibt sich:

$$A_N = \frac{p_N \cdot V_N \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{R \cdot T} \quad (4)$$

Setzt man (4) in (1), erhält man:

$$A_R = \frac{p_N \cdot V_N \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot p_R}{p_N \cdot R \cdot T}$$

p_N läßt sich herauskürzen und es ergibt sich:

$$A_R = \frac{p_R}{T} \cdot \frac{V_N \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{R}$$

Bei dieser Formel ergibt sich, daß der zweite Faktor für alle Berechnungen konstant ist. Für V (Volumen des Stickstoffs) setzten wir ein 0,001, da wir das Ergebnis auf ml beziehen wollen, R wird in liter · atmosphären pro Grad Kelvin in die Gleichung eingebracht und hat dann den Wert 0,08207.

Daraus ergibt sich für den konstanten Faktor der ungefähre Wert: $7,33853 \cdot 10^{21}$, das bedeutet:

$$A_R = \frac{p_R}{T} \cdot 7,33853 \cdot 10^{23}$$

Der Dampfdruck der Riechsubstanz p_R kann aus der Dampfdruckkurve der Substanz entnommen werden, entsprechend den jeweiligen Riechgefäßtemperaturen. Der Druck muß in Atmosphären, die Temperatur in Grad Kelvin eingesetzt werden

3. Anzahl der Riechmoleküle, die in einer Sekunde aus dem Riechstoffgefäß ausströmen:

$$A_{I_4} = A_R \cdot I_4 ;$$

4. Durchflußmenge durch Kapillare 2 pro Sekunde:

$$I_2 = (p_2 - p_3) \cdot k_2 ;$$

k_2 = Kapillarkonstante der Kap. 2

5. Menge an Riechmolekülen pro Sekunde in der Linie 2 nach Vermischung mit Linie 3:

$$A_{II} = \frac{A_{I_4}}{I_2 + I_4} ;$$

6. Durchflußmenge durch Kapillare 3 pro Sekunde:

$$I_3 = (p_6 - p_7) \cdot k_3 ;$$

k_3 = Kapillarkonstante von Kap.3

7. Anzahl der Riechmoleküle in I_3 (genannt A_{III}):

$$A_{III} = A_{II} \cdot I_3$$

8. Durchflußmenge durch Kapillare 1 pro Sekunde:

$$I_1 = (p_1 - p_5) \cdot k_1 ;$$

$$k_1 = \text{Kapillarkonstante der Kap.1}$$

9. Endmolekülzahl am Eingang des Injektionsapparates (genannt A_E) in Molekülen pro ml:

$$A_E = \frac{A_{III}}{I_1 + I_3} ;$$

Die einzelnen Schritte dieser Rechnung sind in der Reihenfolge angeführt, in der man sie zweckmäßigerweise ausführt. Zusammengefaßt ergibt sich:

Anzahl der Riechmoleküle pro ml vor dem Ventil:

$$A_E = \frac{A_R \cdot I_3 \cdot I_4}{(I_2 + I_4) \cdot (I_1 + I_3)} ;$$

Unter Einsetzen aller angegebenen Gleichungen ergibt sich die ausführliche, alle abzulesenden Größen enthaltende Gesamtgleichung:

$$A_E = \frac{p_R \cdot 7,33853 \cdot 10^{21} \cdot (p_6 - p_7) \cdot k_3 \cdot (p_2 - p_4) \cdot k_4}{T \cdot [(p_2 - p_3) \cdot k_2 + (p_2 - p_4) \cdot k_4] \cdot [p_1 - p_5)^{k_1} + (p_6 - p_7)^{k_3}]}$$

Man muß also bei jeder Messung die Manometerdrucke p_1 bis p_7 messen, sowie die Temperatur am Riechstoffgefäß ablesen. Außerdem ist darauf zu achten, daß die Drucke der Wassermanometer in mm Hg umgerechnet werden müssen!

Wir verwendeten bei unseren Versuchen als Riechsubstanz Aceton. Es hat nach KITTEL den Vorteil, allein die Receptoren der Riechnerven, nicht aber die des Tri-

geminus zu reizen, ungiftig zu sein, angenehm zu riechen und eine gewünschte mittlere Schwellenkonzentration zu besitzen.

Auch STUIVER ermittelte für Aceton eine relativ hochliegende Schwelle. Der Vorteil liegt aber darin, daß nicht mit einer extrem dünnen Kapillare gearbeitet werden muß und deshalb der bei der Eichung auftretende Fehler gering gehalten werden kann.

Kapitel IV

Der Versuchsablauf

1. Schwellenbestimmungen

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen mit dem im letzten Kapitel beschriebenen Gerät wurde versucht, alle Faktoren, die sich bei GOETZL (12, 13, 14, 15), ZILLSTORFF-PEDERSEN (40) und GUILD (16) störend auf die Ergebnisse auswirken konnten, auszuschalten. Es sei hier nur kurz auf die olfaktometrischen Ungenauigkeiten, die allzu großen Altersschwankungen der Versuchspersonen und ähnliche potentielle Fehlerquellen hingewiesen.

In folgendem Kapitel soll nun eine genaue Beschreibung des Versuchsablaufes gegeben werden. Im besonderen wird auf die Art der bestimmten Schwellen, auf die verwendete Nahrung und das untersuchte Patientengut eingegangen.

In einem eigenen Abschnitt wird das "Olfaktorium" (nach KITTEL) beschrieben, mit dessen Hilfe genaue Einhaltung aller Umweltsbedingungen wie konstante Temperatur und Feuchtigkeit ermöglicht wurde.

Beschrieben wird auch der genaue Vorgang der Messungen, sowie auftretende Schwierigkeiten beim gesamten Versuchsablauf.

Nach KEIDEL (23) unterscheidet man in der Sinnesphysiologie folgende Schwellen:

1. Absolutschwelle
2. Intensitätsschwelle
3. Unterschiedsschwelle
4. Ortsschwelle
5. Zeitschwelle
6. Raumschwelle

Dabei wird der Begriff "Schwelle" als derjenige Energiebetrag definiert, der gerade eben in der Lage ist, bei adäquater Reizung eines Sinnesorganes eine Erregung hervorzurufen (Absolut- und Intensitätsschwelle), beziehungsweise als diejenige zeitliche und örtliche Differenz zweier Energiebeträge, die gerade eben eine Unterscheidung dieser Beträge ermöglicht (alle übrigen Schwellen).

Bei den Versuchen wurden die Intensitätsschwellen bestimmt. Die Intensitätsschwelle ist der Energiebetrag, der bei einem beliebigen Reizparameter eine Erregung gerade eben auszulösen vermag.

Zur Erklärung des Begriffes "beliebiger Reizparameter" sei gesagt, daß beim Auge etwa rotes und grünes Licht verschiedene Reizparameter darstellen. Entsprechend können wir beim Riechorgan verschiedene Gerüche als Reizparameter betrachten. Da Absolutmessungen infolge des Zeitfaktors und der verschiedenen anatomischen Nasenverhältnisse kaum möglich sind, wurden Intensitätsvergleichsmessungen durchgeführt.

Der Zeitbetrag, den ein Reiz wirken muß, damit er eben eine Empfindung auslöst, wurde also meist mitbestimmt. Wir setzten als Reizzeit 2 Sekunden fest. Entscheidend war, ob der Patient in dieser Zeit bei verschiedenen Riechstoffkonzentrationen eine Geruchsempfindung hatte.

Vor jedem Versuch wurden die Personen mit dem Geruch des Acetons eingehend vertraut gemacht. Weiterhin wurden sie aufgefordert, nur dann eine positive Antwort zu geben, wenn sie sicher den Geruch von Aceton erkannten. Damit wurde erreicht, daß die Patienten nicht die Wahrnehmungsschwelle, sondern die Erkennungsschwelle angaben.

2. Das Olfaktorium nach KITTEL

Unter "Olfaktorium" ist im ursprünglichen Sinne dieses Begriffes ein Raum zu verstehen, der vom Olfaktometer "gerungssicher" getrennt ist, unabhängig davon gelüftet werden kann und mit dem Olfaktometer nur durch eine Zuleitung vom Ventil her verbunden ist. Es ist der Raum, in dem die Versuchsperson so sitzt, daß ihr die Reize in Form des Riechlufthgemisches optimal angeboten werden können.

Bei unseren Versuchen verwendeten wir zu diesem Zwecke eine Unterdruckkammer, die im selben Raum wie das Olfaktometer installiert war. Sie kann durch eine Einstiegtür betreten werden, die völlig luftdicht abzuschließen ist. Durch eine Umwälz- und Lüfterneuerungsanlage besteht die Möglichkeit, innerhalb von 1 1/2 Minuten das gesamte Luftvolumen der Kabine zu erneuern. Die Frischluft wurde durch einen Schacht mit Filter vom Freien bezogen.

Weiterhin ist eine Anlage eingebaut, die es ermöglichte, auch die Luftfeuchtigkeit im Olfaktorium konstant zu halten. Durch einen Thermostaten schließlich wurde auch die Temperatur geregelt.

Die Versuchsperson wurde auf einen verstellbaren Stuhl so gesetzt, daß sie ihr Kinn auf einem Stativ auflegen konnte. Dadurch wurde eine konstante Stellung der Nase zum Olfaktometerendstück gewährleistet. Dieses besteht aus einer etwa 25 cm langen Zuleitung vom Ventilausgang in die Kammer. Der große Vorteil des Olfaktoriums besteht auch darin, daß dieses Stück außerordentlich kurz gehalten werden kann. Dadurch wird eine entscheidende Verkleinerung des "Totraums" - das ist der Raum vom Ventilausgang bis zum "Nasenstück" erreicht. Das Nasenstück selbst besteht aus einem der zuleitenden Röhre aufge-

setzten Glastrichter, zu dem die Versuchsperson mit der Nase eine feste, durch das Stativ bedingte Stellung einnehmen mußte. Die Antworten der Versuchsperson wurden durch eine Signalanlage aus der Kabine übertragen.

3. Die Versuchspersonen

Als Versuchspersonen wurden ausschließlich Angehörige (♂ und ♀) der Altersgruppe 20 bis 27 Jahre herangezogen: Sie waren alle gesund und keinem war eine Einschränkung seines Geruchsvermögens bekannt. Alle Versuchspersonen waren Studenten. Dies ist insofern nicht unwichtig, als es erforderlich schien, das Verfahren des Versuches genauestens klarzulegen. Bei dieser Altersgruppe schien es auch gewährleistet, daß noch keine altersbedingte Minderung des Geruchsvermögens, wie man es in der Literatur angegeben findet, (18, 38, 41, 31), vorliegt.

Den Versuchspersonen wurde am Tage vor dem Versuche eingeschärft, am Abend vorher keinen Alkohol und keine scharfen Speisen zu sich zu nehmen. Der Abstand der letzten Nahrungsaufnahme vor der ersten Messung war in jedem Falle größer als 12 Stunden. Damit ist die Nüchternheit sicher gewährleistet. Vor jedem Versuch wurde festgehalten, ob die Versuchsperson kein, oder ein mittleres oder ein starkes Hungergefühl hatte. Nach der ersten Messung nahmen die Probanden das Mittagessen in der Mensa der Universität ein. Dies sei deshalb erwähnt, weil anzunehmen ist, daß sich die Kalorienmenge dieses Einheitsessens immer im selben Bereich bewegt.

Die zweite Messung wurde immer in einem Abstand von einer Stunde ab Beendigung des Essens vorgenommen, da vorausgehende, genauere Einzeluntersuchungen ergeben hatten, daß bei vielen Versuchspersonen zu diesem Zeitpunkt die Schwelle schon relativ hohe Werte erreicht hat, und

da es auch für die Versuchspersonen am angenehmsten war.

Einige Personen wichen zunächst in ihren Werten stark von der Norm ab. Immer aber stellte sich dann bei genauerer Untersuchung heraus, daß diese an Schnupfen oder sonstigen pathologischen Befunden litten.

Bei einigen Versuchspersonen, die besonders zuverlässig antworteten, wurden die Schwellenmessungen über einen Tag ausgedehnt. Es wurde während dieser Zeit drei Mal Nahrung aufgenommen. Spezielle Untersuchungen wurden auch vorgenommen bei reiner Glucoseaufnahme.

4. Die Meßmethode

Unsere gesamten Messungen wurden bei freier Inspiration vorgenommen; das heißt, daß die Versuchsperson innerhalb des Riechstroms während einer gewissen Zeit tief einatmen oder schnüffeln mußte. Diese Art hat gegenüber der Injektionstechnik, bei welcher der Riechlufstrom der passiven Versuchsperson in die Nase eingeblasen wird, den Vorteil, einfacher und sauberer zu sein.

Die konstante Reizzeit von 2 Sekunden ist aus folgenden Gründen für unsere Untersuchungen am günstigsten: einmal hat die Versuchsperson die Gelegenheit, relativ genau angeben zu können, ob sie den Geruch von Aceton wahrgenommen hat und zum anderen tritt bei dieser Zeit kaum Adaptation auf. Sollte sie in geringem Umfang doch bestehen, ist sie bei jeder Messung gleich und daher ohne Einfluß auf das Endergebnis. Um sie dennoch so gering wie irgendmöglich zu halten, wurde zwischen jeder Einzelmessung eine Pause von jeweils einer Minute, in der stets Erholung eintritt, eingelegt.

6. Der Versuchsablauf

Um die Feststellung von ZILSTORFF-PEDERSEN, daß das Essen, beziehungsweise die Nahrungsaufnahme in keinem Zusammenhang mit der Riechschwelle steht, nachzuprüfen, wurde zunächst mit 100 gesunden Versuchspersonen folgender Versuch gemacht:

Vor und etwa eine Stunde nach Nahrungsaufnahme wurde mit dem Stuiverschen Olfaktometer die Erkennungsschwelle für Aceton bestimmt. Um gegebenenfalls eine Abhängigkeit der Schwelle von einem Grundnahrungsmittel zu untersuchen, wurden an diese allgemeinen Versuche speziellere angeschlossen.

Weiterhin wurden bei besonders zuverlässigen Personen die Schwellenschwankungen über einen ganzen Tag in Abhängigkeit von der Nahrungsaufnahme bestimmt.

Vor Beginn jeder Untersuchung wurde jede Person genau über den Ablauf aufgeklärt und, wie oben schon erwähnt, durch sicher überschwellige Reize mit dem Geruch von Aceton vertraut gemacht. Dann wurde der Versuchsperson in der Kabine die Einrichtung und deren Funktion erklärt, bevor sie darin separiert wurde. Vor jedem Meßvorgang machten wir die Versuchsperson mit einem Klingelzeichen auf den Beginn der Untersuchung aufmerksam. Da wir den etwaigen Bereich der Schwelle bald genau angeben konnten, wählten wir am Olfaktometer die entsprechenden Bedingungen und begannen dann, Reize mit steigender Konzentration zu geben.

Mit einer Stoppuhr bestimmten wir den Zeitabstand zwischen den Messungen. Durch Drehen des Hahnes zwischen der Stickstoff-Aceton-Linie und dem Ventilationssystem regelten wir dann den Druck p_3 und damit die Konzentration von Aceton im Gesamtgemisch. Der Luftstrom wurde je-

weils konstant bei etwa 350 ml/sec gehalten. Mit dem oben erwähnten Hahn wurde dann der Druck p_5 um etwa jeweils 10 mm H_2O verändert, bis man in den kritischen Bereich der Schwelle kam. Um dabei sicher zu gehen, daß die an den Manometern angezeigten Verhältnisse auch am Endstück herrschen, wurde vor jeder Messung mit der neuen Konzentration der Endschlauch durchblasen. Während der gesamten Untersuchungsdauer wurde die Luft in der Kammer laufend erneuert.

Die Versuchsperson gab nach jeder Messung mit Klingelzeichen an, ob sie etwas wahrgenommen habe oder nicht. War keine klare Entscheidung von Seiten der Versuchsperson möglich, wurde die Antwort negativ gewertet. Die Bestimmung der Schwelle wurde jeweils aus drei Messreihen vorgenommen, indem der Mittelwert gebildet wurde.

Die Erfahrung zeigte jedoch, daß bei den drei verschiedenen Messreihen kaum Unterschiede auftraten. War dennoch ein Unterschied festzustellen, wurde die Versuchsperson aus den Ergebnissen gestrichen.

Als Schwellenwert verstanden wir - nur versuchstechnisch gesehen - diejenige Konzentration, bei welcher die Versuchsperson gerade eben den Acetongeruch erkennen konnte.

Kapitel V

Ergebnisse

Einige Autoren, die über Beziehungen zwischen Nahrungsaufnahme und Riechschwelle Untersuchungen durchführten, bejahten einen Zusammenhang, namentlich GOETZL et al.. Andere Autoren, vor allem ZILSTORFF-PEDERSEN erhielten andere Ergebnisse, weshalb jetzt klärende Untersuchungen erforderlich würden.

Bei unseren 100 Versuchspersonen erhielten wir die folgenden Ergebnisse:

89 % hatten nach der Mahlzeit eindeutig erhöhte Riechschwellen

6 % zeigten bei der zweiten Messung keine Erhöhung ihrer Schwelle

5 % gaben an, Schnupfen zu haben und müssen, zur Vermeidung methodischer Fehler, aus der Reihe gestrichen werden.

Damit wurde bei Einhaltung strenger Kriterien und mittels exakter olfaktometrischer Methoden gezeigt, daß ein Zusammenhang zwischen Geruchsschwellen und Nahrungsaufnahme besteht.

In Tabelle 1 wurden die Werte aller untersuchten Versuchspersonen eingetragen. Angegeben werden die Schwellenwerte vor und nach dem Essen in Molekülen pro ml, und zusätzlich der Faktor, um welche sich die Schwelle erhöhte. Zur Klassifizierung der Differenz wurde ein Faktor und nicht die reine arithmetische Differenz verwendet.

Die Schwellen der einzelnen Versuchspersonen liegen in einem Bereich von etwa 10^{14} bis 10^{15} Molekülen pro ml eingeatmeter Luft. Bei derartig großen Schwankungen der

Schwellen der einzelnen Versuchspersonen war es nicht zu erwarten, eine konstante Differenz zu finden. Hin- gegen bildet der Faktor eine vom absoluten Wert der Schwelle unabhängige Größe und kann deshalb besser zur Einordnung der Unterschiede verwendet werden.

Der Mittelwert dieser Faktoren liegt bei 1,93; d.h. daß im Durchschnitt jede Versuchsperson nach dem Essen um mehr als 50 % schlechter als im nüchternen Zustand rie- chen konnte. In Tabelle 1 werden die Versuchspersonen in willkürlicher Reihenfolge angeführt. Die beigefügte Kurve 1 zeigt die Verteilungskurve der Unterschiedsfaktoren in Ab- hängigkeit der Anzahl der Versuchspersonen.

Tabelle 1

Schwellenwerte vor und nach dem Essen mit Unterschieds- faktor:

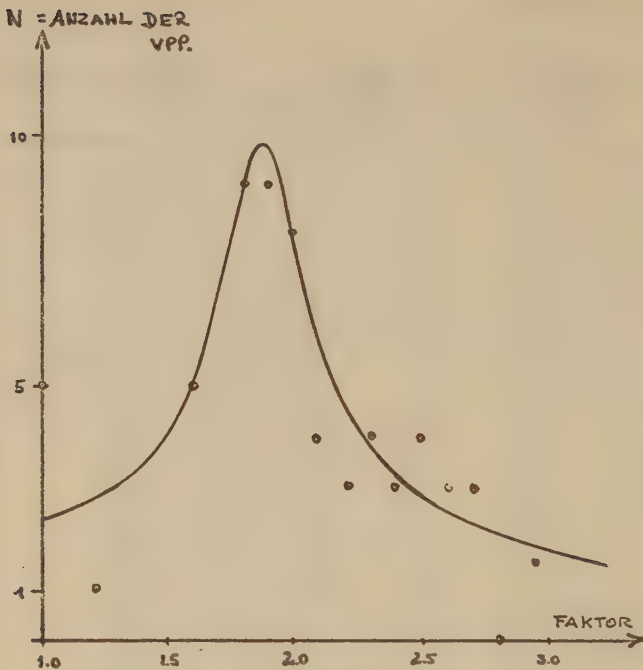
Versuchs- person	Vor dem Essen jeweils 10 ¹⁴	Nach dem Essen jeweils 10 ¹⁴	Unterschieds- faktor:
1	9,65	18,65	1,93
2	16,73	25,2	1,5
3	15,7	22,05	1,4
4	7,23	12,13	1,58
5	11,1	35,2	3,17
6	5,64	8,47	1,5
7	2,43	6,27	2,58
8	10,1	15,5	1,54
9	6,7	12,3	1,84
10	10,1	19,6	1,94
11	12,0	52,0	4,34
12	2,49	5,3	2,13
13	2,59	15,2	5,87
14	14,98	26,4	1,76
15	4,41	11,2	2,54
16	2,91	6,35	2,18
17	1,97	3,78	1,93
18	1,29	2,78	2,15
19	2,27	4,02	1,77
20	1,98	5,0	2,52
21	3,14	7,0	2,23
22	2,76	7,35	2,66
23	4,3	6,67	1,55
24	10,35	23,8	2,3

Tabelle 1 Fortsetzung

Versuchs- person	Vor dem Essen jeweils 10^{14}	Nach dem Essen jeweils 10^{14}	Unterschieds- faktor
25	23,8	29,8	1,25
26	2,46	4,48	1,97
27	6,75	11,4	1,69
28	5,4	8,63	1,6
29	7,4	12,3	1,66
30	5,91	9,15	1,55
31	7,76	10,29	1,32
32	4,98	7,0	1,4
33	2,82	5,3	1,88
34	3,35	7,9	2,36
35	13,3	9,72	Schnupfen
36	4,9	10,2	2,08
37	9,1	16,7	1,835
38	12,2	30,3	2,48
39	8,23	15,9	1,935
40	3,47	9,3	2,68
41	14,7	25,1	1,706
42	6,91	12,3	1,78
43	3,05	6,1	2,00
44	1,52	3,78	2,49
45	7,42	15,3	2,06
46	2,29	5,25	2,29
47	38,0	27,6	Schnupfen
48	2,53	2,56	1,01
49	3,7	7,22	1,95
50	9,13	9,5	1,04
51	97,8	43,0	Schnupfen
52	2,3	9,4	4,08
53	7,5	15,5	2,065
54	13,2	30,0	2,265
55	28,1	47,2	1,62
56	1,47	4,8	3,26
57	3,52	6,91	1,965
58	9,93	20,2	2,06
59	7,32	17,3	2,36
60	6,29	11,9	1,9
61	11,2	25,7	2,29
62	8,44	15,3	1,815
63	60,0	10,25	Schnupfen
64	19,3	35,3	1,827
65	4,39	10,2	2,313
66	5,36	5,7	1,01
67	23,8	29,8	1,25
68	7,93	20,8	2,62
69	3,14	5,92	1,735
70	4,33	7,38	1,705

Tabelle 1 Fortsetzung

Versuchs- person	Vor dem Essen jeweils 10 ¹⁴	Nach dem Essen jeweils 10 ¹⁴	Unterschieds- faktor
71	9,23	25,3	2,74
72	15,7	27,2	1,73
73	2,81	2,85	1,015
74	1,7	1,23	1,31
75	10,9	25,2	2,31
76	6,3	10,7	1,7
77	2,73	5,25	1,925
78	1,34	2,98	2,22
79	3,48	3,58	1,03
80	47,0	53,0	Schnupfen
81	9,88	17,6	1,78
82	2,98	6,05	2,03
83	9,27	16,6	1,79
84	9,56	15,3	1,6
85	1,56	4,99	3,19
86	3,83	4,87	1,275
87	4,19	12,3	2,94
88	7,21	17,9	2,48
89	12,3	21,4	1,74
90	17,2	40,3	2,34
91	3,83	8,52	2,23
92	8,91	17,3	1,94
93	1,98	5,22	2,64
94	2,53	5,00	1,975
95	4,78	10,1	2,07
96	3,46	3,53	1,02
97	9,3	21,3	2,29
98	7,22	12,7	1,76
99	3,57	7,53	2,1
100	2,17	7,4	3,41



Kurve 1: Häufigkeitsverteilung der Unterschiedsfaktoren

Zum Nachweis der Signifikanz beider Gruppen wurde die Berechnung der 3σ -Grenze vorgenommen. Dabei ergab sich für den Mittelwert M_1 vor dem Essen

$$M_1 = \frac{\text{Summe aller Einzelwerte}}{\text{Anzahl } n} = 7,07 \cdot 10^{14}$$

M_2 der Mittelwert aller Ergebnisse nach dem Essen betrug:

$$M_2 = 13,67 \cdot 10^{14}$$

5, die Streubreite der Einzelwerte, beträgt für die er-

ste Meßreihe

$$G_1 = \frac{\text{Summe aller } (dx)^2}{n - 1} = 5,38 \cdot 10^{14}$$

In dieser Formel ist dx jeweils die Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert.

Der mittlere Fehler des Mittelwertes ($\bar{\sigma}$) beträgt für die erste Meßreihe:

$$\bar{\sigma}_1 = \frac{G_1}{\sqrt{n}} = 0,55 \cdot 10^{14}$$

Da ein Mittelwert von einem anderen nur dann signifikant verschieden ist, wenn der Abstand zwischen beiden größer ist als $3\bar{\sigma}$, muß noch dieser Wert gebildet werden:

$$3\bar{\sigma}_1 = 1,65 \cdot 10^{14}$$

Diese Werte zeigen, daß beide Reihen, die unter gleichen Bedingungen und Ausschaltung systematischer Fehler gewonnen wurden, eindeutig signifikant verschieden sind.

Dies bedeutet, daß die Werte der Reihe 2 (nach dem Essen) unabhängig von möglichen kleinen Fehlern innerhalb der Messungen eindeutig höher liegen als die der Reihe 1 (vor dem Essen).

Nach diesen Erkenntnissen sollten zunächst die Schwankungen der Riechschwelle über einen ganzen Tag festgestellt werden. Dazu wurden als Versuchspersonen 5 besonders zuverlässig reagierende Kommilitonen aus der großen Anzahl schon untersuchter ausgewählt. Die Schwellenbestimmung begann morgens bei absoluter Nüchternheit. Die Personen waren aufgefordert worden, möglichst 12 Stunden vor Beginn der Versuche keine Nahrung mehr zu sich zu nehmen. Nach der ersten Schwellenbestimmung nahmen die Versuchspersonen ein reichliches Frühstück ein. Anschließend wurden in 30-minütigem Abstand Schwellenbestimmungen vorge-

nommen. Nach der 2. Mahlzeit wurden wieder 30-minütige Schwellenbestimmungen durchgeführt.

Bei allen Versuchspersonen ergab sich im Abstand von 30 bis 60 Minuten nach der Nahrungsaufnahme eine steile Erhöhung der Riechschwelle. Tabelle und Kurve 2 geben die Mittelwerte der so untersuchten Personen an. Auf der Abszisse ist die Zeit, auf der Ordinate sind die Schwellen aufgetragen.

Tabelle 2

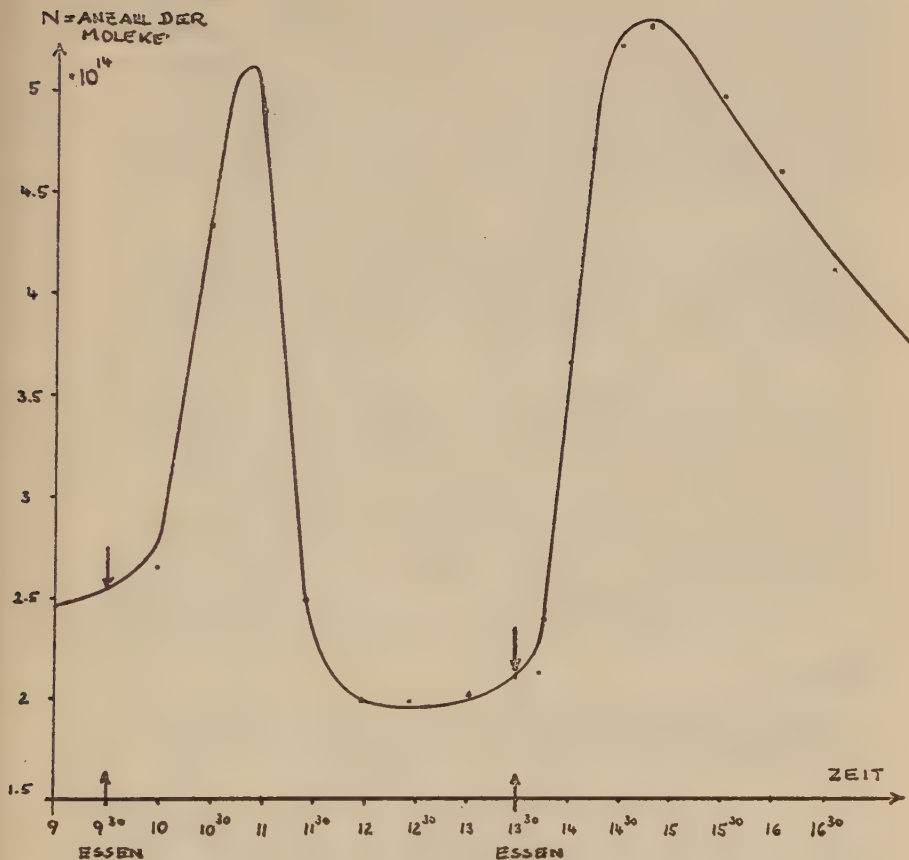
Riechschwellentageschwankung bei Aufnahme von normaler Nahrung.

Zeit:	9 ⁰⁰	9 ³⁰	10 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ⁰⁰	11 ³⁰	12 ⁰⁰	12 ³⁰	13 ⁰⁰
Schwelle:	2,48	E	2,63	4,35	4,88	2,39	2,00	1,98	1,64
jeweils . 10 ¹⁴									

Zeit:	13 ³⁰	13 ³⁴	14 ¹⁵	14 ⁴⁵	15 ¹⁵	15 ⁴⁵	16 ¹⁵	16 ⁴⁵	17 ¹⁵
	*								
Schwelle:	E	2,1	4,64	5,32	5,2	4,86	4,37	4,0	3,66
jeweils . 10 ¹⁴									

Mittelwerte von 5 Vpp

E = Einnahme des Frühstücks bzw. des Mittagessens



Kurve 2: Riechschwellentageschwankungen bei Aufnahme von normaler Nahrung

Es fällt bei dieser Messreihe auf, daß die Unterschiedsfaktoren höher als die bei den Allgemeinuntersuchungen angegebenen Mittelwerte liegen. Dies ist dadurch zu erklären, daß bei den Allgemeinuntersuchungen nicht immer der

Wert gemessen wurde, der die größte Schwellenerhöhung zeigt, weil der Zeitabschnitt vom Essen bis zur höchsten Schwelle bei verschiedenen Versuchspersonen verschieden sein konnte. Als Ergebnis ist außer der von der Nahrung abhängigen Schwankung noch die Tatsache hervorzuheben, daß die Schwelle dann am höchsten anstieg, wenn die Versuchsperson besonders viel zu sich nahm.

Weiterhin sollte nun untersucht werden, ob der Schwellenanstieg von einem der Grundnahrungsmittel abhängig ist. Zu diesem Zwecke schlossen wir Selbstversuche mit Glucose an.

Zwei Versuchspersonen nahmen über einen Tag verteilt 2 Portionen Glucose von jeweils 50 Gramm auf, In 30-minütigem Abstand wurden dann analog die Schwellen einen Tag lang bestimmt. Dabei ergab sich zwar auch eine Schwankung in der Empfindlichkeit des Geruchs, doch erreichte sie bei weitem nicht die Höhe der 1. Versuchsreihe (Tabelle 3 mit Kurve 3).

Tabelle 3

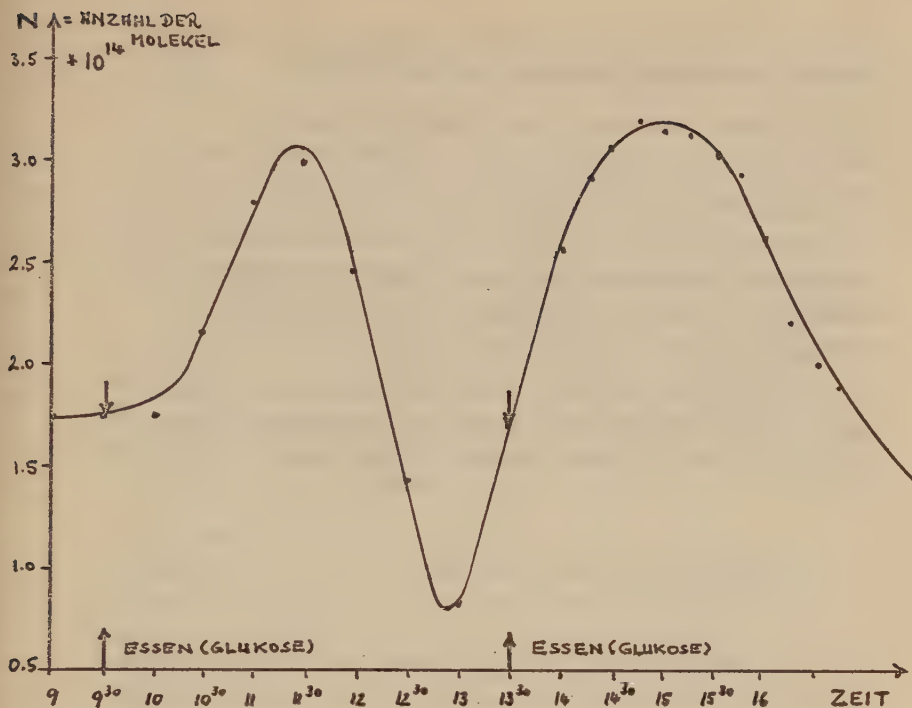
Riechschwellentageschwankung bei Aufnahme von 2 Mal je 50 Gramm Glukose per os:

Zeit:	9 ⁰⁰	9 ³⁰	10 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ⁰⁰	11 ³⁰	12 ⁰⁰	12 ³⁰	13 ⁰⁰
Schwelle:	1,77	E	1,74	2,19	2,81	2,90	2,13	1,36	0,68
jeweils .									
10 ¹⁴									

Zeit:	13 ³⁰	13 ⁴⁵	14 ¹⁵	14 ⁴⁵	15 ¹⁵	15 ⁴⁵	16 ¹⁵	16 ⁴⁵	17 ¹⁵
Schwelle:	E	2,24	2,92	3,19	3,15	2,86	2,21	1,53	1,44
jeweils .									
10 ¹⁴									

Mittelwerte von 2 Vpp

E = Einnahme von 50 g Glukose



Kurve 3: Riechschwellentageschwankung bei Aufnahme von 2 Mal je 50 Gramm Glukose per os

Einzugehen wäre nun noch auf die Fälle, die nach dem Essen dieselbe Schwelle aufwiesen, wie vorher. Als Erklärung könnte folgendes Phänomen, das schon von mehreren Autoren beobachtet wurde, dienen: Die Nasenschleimhaut befindet sich in einem periodischen An- und Abschwellvorgang (40). Wie groß diese Periode ist und wovon sie abhängt, ist noch unbestimmt. Es besteht nun die Möglichkeit, daß bei der Bestimmung vor der Mahlzeit die Periode der Anschwellung und bei der Bestimmung der Schwelle nach der Mahlzeit die Periode der Abschwellung getroffen

wurde. Dadurch wäre der Ausgleich eines hier nicht zum Ausdruck gekommenen Unterschiedes verständlich.

Eine andere Erklärung wäre, daß die Personen vor und nach dem Essen keine Änderung des Hungergefühles zeigten.

Versuchspersonen mit Schnupfen sind für diese Versuchsreihen ungeeignet, da schon kleine Strömungsveränderungen in der Nase, bedingt beispielsweise durch Nasenschleim, die Schwelle beeinflussen können (40).

Dennoch wurden auch die beiden zuletzt genannten Gruppen in Tabelle 1 berücksichtigt. Die erste Gruppe wurde sogar in die Signifikanzberechnung aufgenommen.

Kapitel VI

Auswertung

Zunächst sollen hier all diejenigen Ergebnisse angegeben werden, die nicht ohne weiteres durch Zahlenreihen nachweisbar sind.

Zu nennen wäre hier in erster Linie, daß einen entscheidenden Einfluß auf die Schwellenerhöhung nach dem Essen die Menge der aufgenommenen Nahrung hat. Ein absolutes Sättigungs- oder Übersättigungsgefühl wirkte sich nicht nur auf die Erkennungsschwelle, sondern auch auf die Unterschiedsschwelle aus.

Oft war es einer Versuchsperson nicht möglich, anzugeben, ob sie nun Aceton riechen würde, oder irgendeinen anderen Geruch. Selbst Personen, die mit der Apparatur gut vertraut waren, fiel oft eine Entscheidung schwer und es häuften sich nach dem Essen die "unentschieden" Antworten. Allerdings deckten sich die Ergebnisse der drei jeweils vorgenommenen Messreihen dennoch in fast allen Fällen sehr gut.

Es zeigte sich auch, daß starke Esser allgemein im Nüchternzustand eine sehr niedrig liegende Schwelle aufwiesen und nach dem Essen die stärksten Schwellenerhöhungen hatten.

Die Feststellung, daß bei den Versuchsreihen, die sich über einen Tag erstreckten, die Schwellen am frühen Morgen im Nüchternzustand zum Teil höher lagen, als kurz vor der nächsten Nahrungsaufnahme, ist dadurch zu erklären, daß vor der Nahrungsaufnahme das Hungergefühl wesentlich größer war, als am Morgen.

Die Auffassung, daß das Maß der Schwellenerhöhung

nach dem Essen in erster Linie abhängig ist von der Menge der aufgenommenen Nahrung und damit vom Sättigungsgrad wird noch von der Tatsache erhärtet, daß in den Versuchen, die sich über einen Tag erstreckten, zum Ausdruck kam, daß nicht nur die Schwelle nach dem umfangreicheren Mittagessen höher lag als nach dem Frühstück, sondern sich auch noch nach dem Mittagessen ein "Schwellenplateau" bildete, das wesentlich langsamer abfiel, als nach dem Frühstück. Bei geringerer Sättigung, wie sie beispielsweise bei den Versuchen mit Glukose vorlag, liegen auch die Schwellenwerte nach dem Essen niedriger als bei normaler Mahlzeit.

Die Ergebnisse lassen sich also wie folgt präzisieren:

1. Die an 100 Versuchspersonen vor und nach dem Essen durchgeführten Schwellenbestimmungen haben ergeben, daß die Schwelle nach dem Essen signifikant um einen Faktor 1,93 höher liegt.
2. Die Schwellenerhöhung ist proportional zur Menge der aufgenommenen Nahrung respektive zum Sättigungsgrad.
3. Die Schwellenerhöhung nach Glukoseaufnahme ist geringer als nach Aufnahme normaler Nahrung.

Bisher war es nicht möglich, eine objektive Maßeinheit für die Sättigung eines Menschen anzugeben. Es erscheint jedoch durchaus möglich, die Riechschwellenerhöhung respektive dem Unterschiedsfaktor als Maß für die Sättigung heranzuziehen. Dies setzt allerdings ein präzise arbeitendes Olfaktometer zur Schwellenbestimmung und genaue Nahrungsbestimmungen voraus.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Literatur über Riechschwellenbestimmungen in Abhängigkeit von der Nahrungsaufnahme dargestellt. Es zeigte sich, daß frühere Untersucher meist die olfaktometrische Methode nach ELSBERG und LEVY benutzten, worauf hier besonders eingegangen wurde.

Im experimentellen Teil werden mittels einer genauen Methode die Zusammenhänge von Riechschwellenschwankungen und Nahrungsaufnahme eingehend untersucht. Dazu bot sich das olfaktometrische Prinzip nach STUIVER an. Es wird eingehend beschrieben.

Die Untersuchungen ergaben, daß die Erhöhung der Riechschwelle in direktem Zusammenhang zur Nahrungsaufnahme steht, und daß auch die Menge der aufgenommenen Nahrung von Bedeutung ist. Zu einer Bestätigung führten auch über einen ganzen Tag verteilte Schwellenuntersuchungen.

Die früher geäußerte Vermutung, daß die Schwellenerhöhung besonders mit der Aufnahme von Glukose in Zusammenhang stehe, konnte durch diese, auch statistisch mittels der Signifikanzrechnung ausgewerteten Versuche nicht bestätigt werden.

Literaturverzeichnis

1. AGEEVA - MAJKOVA, O.G.: Der Geruchsanalysator in der Lehre des Akademikers;
I.P.: Pavlov und seine klinische Bedeutung
Vestn.Otol. i.t.d.13, H. 3,
3 - 8 (1951)
2. BALSLEV JORGENSEN M. und
BUCH NILS H.: Studies on the sense of smell and taste in diabetics.
(Dept.of Otol., Rigshosp.,
Copenhagen)
Acta oto-laryng. (Stockh.) 53,
539 - 545 (1961)
3. BEIDLER M. LLOYD: Physiology of olfaction and gustation.
Annals of otology (St.Louis) 69,
398 - 409 (1960)
4. BEYER, K.H.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
5. BEYER, K.H. and
MEEK, W.J.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
6. BUCH, T.C.: Zitiert bei ZILSTORFF-PEDERSEN (40)
7. DAVIDOFF, E. and REI-
FENSTEIN, E.C.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
8. ELSBERG, C.A. and
LEVY, I.: Sense of Smell:
New and Simple Method of Quanti-
tative Olfactometry.
Bull.Neurol.Inst.NY 4, 5 (1935)
9. ENDRESS, H.G.: Über den Geruchssinn des Men-
schen und seine Leistungen.
Inaugural-Dissertation, Erlangen
(1965)

10. FORSTER, D. and SCOFIELD, E.H. and DALLENBACH, K.M.:
Zitiert bei ENDRESS (9)
11. GHIRLANDA, M.:
Comportamento della funzione olfattoria nei malati di malattia reumatoide trattati o non con cortisonici.
Valsalva 35, 204 - 210 (1959)
12. GOETZL, F.R. and STONE, F.: Diurnal Variations in Acuity of Olfaction and Food Intake.
Gastroenterology 9, 444 (1947)
13. GOETZL, F.R. and STONE, F.: The Influence of Amphetamine Sulfate upon Olfactory Acuity and Appetite.
Gastroenterology 10, 708 (1948)
14. GOETZL, F.R., ABEL, M.S., AHOKAS, A.J.:
Occurrence in Normal Individuals of Diurnal Variations in Olfactory Acuity.
J.appl.Physiol. 2, 553 (1950)
15. GOETZL, F.R., AHOKAS, A.J., GOLDSCHMIDT, M.:
Influence of Sucrose in Various Concentrations upon Olfactory Acuity and Sensations Associated with Food Intake.
J.appl.Physiol. 4, 30 - 36 (1951)
16. GUILD, A.A.:
Olfactory Acuity in Normal and Obese Human Subjects: Diurnal Variations and the Effect of D-Amphetamine Sulphate.
J.Laryng.a.Otol. 70, 408-414 (1956)
17. HAMMER, F.J.:
Zitiert bei ZILSTORFF-PEDERSEN (40)
18. HENNEBERT, P.E.:
L'olfaction
Acta oto-rhino-laryngol.
Belgica 7, 111 - 225 (1953)

19. IRVIN, D.L., AHOKAS, A.J., GOETZL, F.R.: Zitiert bei ZILSTORFF-PEDERSEN (40)
20. IRVIN, D.L., DURRA, A., GOETZL, F.R.: Zitiert bei ZILSTORFF-PEDERSEN (40)
21. JANOWITZ, H.D., GROSS-MAN, M.I.: Zitiert bei ZILSTORFF-PEDERSEN (40)
22. JONES, F.N.: Zitiert bei ENDRESS (9)
23. KEIDEL, W.D.: Zitiert nach der Vorlesung:
Animalische Physiologie in Erlangen
24. KUNSTAEDTER, R.H. and NECHELES, H.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
25. LESSES, M.F. and MEYERSON, A.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
26. VAN LIER, E.J. and SLEETH, C.K.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
27. MARGUELIES, N.R., IRVIN, D.L., GOETZL, F.R.: Zitiert bei ZILSTORFF-PEDERSEN (40)
28. NATHANSON, M.H.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
29. PEOPLES, S.A. and GUTTMANN, E.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
30. PFAHLER, C.E.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
31. PRUSZEWIOR, A.: Concerning the testing of the
sense of smell and taste.
(Otolaryngol.Klin.d.Med.Akad.,
Poznan)
Otolaryng.pol.19, 29-37 mit engl.
Zus. (1965)
32. RITVO, M.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
33. ROSENBERG, F.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
34. ROSENBERG, D.H., ARENS, R.A., MARCUS, P., NECHELES, W.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)

35. SMITH, O.N. and
CHAMBERLIN, G.W.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
36. STUIVER, M.: Biophysics of the sense of smell
Inaug.-Diss. Groningen (1958)
37. ULRICH, H.: Zitiert bei GOETZL und STONE (13)
38. WAGEMANN, W.: Das gegenwärtige Wissen vom Geruchssinn und seinen Prüfungsmöglichkeiten.
(Schleswig-Holstein. HNO-Ärzte
Kiel, 1.I.1962) HNO (Berlin)
13, 182 (1965)
39. WENDT, G.R.: Zitiert bei ZILSTORFF-PEDERSEN(40)
40. ZILSTORFF-PEDERSEN, K.: Olfactory threshold determination
in relation to food intake.
Acta Oto-laryngol. (stockh.)
45, 80 - 90 (1955)
41. ZILSTORFF-PEDERSEN, K.: Determinations and variations
of olfactory thresholds.
(Univ.ENT Clin., Rigshosp.,
Copenhagen)
Arch.Oto-laryngol (Chicago)
79, 412 - 417 (1964)

Herrn Professor Dr.med.G.Theissing, Direktor der
Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke der Uni-
versität Erlangen - Nürnberg danke ich, daß ich die
Arbeit in seinem Hause durchführen durfte.

Herrn Privatdozent Dr.med.G.Kittel, Ober-
arzt an der Universitätsklinik für Hals-,
Nasen- und Ohrenkranke möchte ich meinen
besonderen Dank aussprechen für die Anre-
gung zur Bearbeitung dieses Themas und für
seine Unterstützung.

L e b e n s l a u f

In Regensburg wurde ich am 21.2.1944 als zweite Tochter des damaligen Oberleutnants Franz R e i t b e r g e r und dessen Ehefrau Mathilde, geb. Bäuerle, geboren. Dort besuchte ich von 1950 - 1954 die Volksschule und von 1954 - 1956 das Städt. Mädchenrealgymnasium.

Wegen Versetzung meines Vaters besuchte ich ab 1956 das Mädchenrealgymnasium Landshut - Seligenthal.

1961 wurde mein Vater erneut versetzt und ich verbrachte die letzten beiden Schuljahre an der Wilhelm-Löhe-Schule in Nürnberg, wo ich im Juli 1963 das Abitur ablegte. Mit dem Wintersemester 1963/64 begann ich mit dem Studium der Medizin in Erlangen.

Im Wintersemester 1966/67 studierte ich in Innsbruck, kehrte aber nach dem Semester wieder nach Erlangen zurück.

Im Juli 1969 bestand ich das Medizinische Staatsexamen.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
